

PAULINA KRASOŃ**Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyki****Politechnika Łódzka**

WYKORZYSTANIE WSKAŹNIKA OEE W KONCEPCJI KOMPLEKSOWEGO UTRZYMANIA RUCHU

W obliczu rosnących wymagań klientów oraz konkurencji o charakterze globalnym przedsiębiorstwa muszą nieustannie poszukiwać rezerw produkcyjnych, zwiększać efektywność i wydajność produkcji, a także redukować koszty wytwarzania. Stąd też rodzi się potrzeba stałego monitorowania efektywności wykorzystania parku maszynowego, dająca możliwość identyfikacji marnotrawstwa oraz występujących rezerw produkcyjnych w realizowanych w przedsiębiorstwie procesach technologicznych. Stanem idealnym jest osiągnięcie 100% wykorzystania parku maszynowego przy bezbrakowej produkcji realizowanej z wydajnością odpowiadającą nominalnej wydajności posiadanych maszyn i urządzeń produkcyjnych. Ocenę efektywności parku maszynowego umożliwia wskaźnik całkowitej efektywności wyposażenia OEE. Pomimo iż wskaźnik odnosi się do maszyn, wskazuje także problemy związane z organizacją pracy ludzi i całego procesu oraz gospodarką materiałową. Celem artykułu jest przedstawienie praktycznego zastosowania wskaźnika całkowitej efektywności wyposażenia w Kompleksowym Utrzymaniu Ruchu.

1. Wprowadzenie

Utrzymanie ruchu (ang. Maintenance) definiuje się jako integracja wszystkich technicznych oraz powiązanych z nimi działań administracyjnych i kierowniczych podczas cyklu życia obiektu, których celem jest utrzymanie albo przywrócenie stanu, w którym obiekt ma możliwość wykonywać wymagane funkcje. Inaczej mówiąc, jest to zapewnienie maksymalnej niezawodności i dostępności maszyn oraz urządzeń produkcyjnych, przy jak najniższych kosztach utrzymania owej sprawności.

Podstawowe cele systemów utrzymania ruchu maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwach są następujące:

- osiągnięcie wymaganej jakości wyrobów bądź usług;
- maksymalne wydłużanie ekonomicznego okresu użytkowania produkcyjnego wyposażenia,
- utrzymywanie warunków bezpiecznego użytkowania,
- maksymalizacja zdolności produkcyjnych,
- redukcja kosztów produkcji poprzez zmniejszenie liczby przerw w procesie produkcji.

Tak postawione cele wyznaczają kluczowe funkcje systemów utrzymania ruchu, do których zalicza się:

- konserwowanie, czyli utrzymanie właściwych możliwości operacji oraz przedłużania przydatności obiektu,
- ulepszanie, czyli podnoszenie niezawodności obiektu bądź poprawianie jego warunków użytkowania,
- naprawianie, czyli podtrzymywanie lub przywracanie normalnego stanu obiektu technicznego, który został utracony w procesie użytkowania,
- przygotowanie, czyli sprawdzenie sprawności technicznej obiektu, wprowadzanie w stan zdatności do operowania bez wykonywania napraw, konserwacji oraz ulepszeń.

W nawiązaniu do obszaru eksploatacji produkcyjnego wyposażenia dąży się do stanu idealnego, który jest w skrócie określany jako zero awarii, zero uszkodzeń (defektów), zero opóźnień, zero zapasów oraz zero wypadków.

Na przestrzeni kilkudziesięciu lat zasadniczej zmianie uległo podejście do utrzymania ruchu. Początkowo polegające jedynie na usuwaniu występujących awarii, natomiast z czasem ewoluowało do metod skupiających się nie tylko na profilaktyce niwelowania powstawania przestojów w użytkowaniu maszyn i urządzeń produkcyjnych, jak również na zapewnieniu najwyższego poziomu jego wykorzystania.

Wyróżnia się trzy główne generacje w rozwoju systemów utrzymania ruchu:

- generacja I, nazywana inaczej utrzymaniem reaktywnym,
- generacja II, czyli utrzymanie prewencyjne,
- generacja III, czyli utrzymanie prognostyczne.

„Pierwsza generacja” w utrzymaniu ruchu to okres do schyłku II wojny światowej. Naprawy lub wymiany maszyn były wykonywane dopiero po wystąpieniu awarii. „Druga generacja” utrzymania ruchu została wymuszona przez procesy industrializacji. Zwiększenie liczby maszyn i urządzeń produkcyjnych, a także wartości zaangażowanego kapitału przyczyniły się do zmiany podejścia kadry zarządzającej przedsiębiorstwami do utrzymania ruchu. Pojawiło się zainteresowanie wydłużeniem czasu eksploatacji obiektów technicznych. W przedsiębiorstwach zaczęto opracowywać plany oraz programy działań pre-

wencyjnych, dlatego też ta generacja w literaturze jest nazywana przewencyjnym utrzymaniem ruchu.

Proces zmian w przemyśle od połowy lat siedemdziesiątych stał się bardziej intensywny. Zmiany te nosiły hasło: nowe oczekiwania oraz wartości, nowe techniki, nowe badania. W tym czasie charakterystycznymi cechami produkcji przemysłowej odzwierciedlającymi sposób myślenia w zakresie utrzymania ruchu maszyn i urządzeń produkcyjnych były¹:

- dynamiczne zmiany w przemyśle polegające na wzroście różnorodności, stopnia skomplikowania oraz ilości obiektów technicznych, a także automatyzacji procesów wytwarzania,
- rozwój narzędzi diagnostyki technicznej, który przyczynił się do powstania nowych możliwości wykonania wszelakich prac z zakresu utrzymania ruchu,
- powstanie nowych koncepcji zarządzania przedsiębiorstwem, takich jak Just In Time (JIT), Total Quality Management (TQM) oraz Lean Manufacturing (LM),
- priorytetyzacja kosztów utrzymania ruchu w zakresie kontroli kosztów,
- podwyższanie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrona środowiska naturalnego.

Wyżej wymienione zmiany przyczyniły się do powstania nowych koncepcji utrzymania ruchu maszyn i urządzeń produkcyjnych. Pojawiły się między innymi następujące koncepcje:

- Reliability Centered Maintenance (RCM) – utrzymanie ruchu zorientowane na niezawodność. To podejście jest definiowane jako proces stosowany w celu określenia wymagań dotyczących utrzymania obiektów technicznych, w kontekście zadań produkcyjnych tych obiektów.
- Total Productive Maintenance (TPM) – to zorientowane na produktywność kompleksowe utrzymanie ruchu. Zakłada maksymalizację efektywności wykorzystania wyposażenia poprzez obsługę konserwacyjną, utrzymanie przewencyjne oraz doskonalenie w celu wydłużenia cyklu życia wyposażenia.

Połączenie koncepcji TPM oraz RCM skutkuje powstaniem efektu synergii w obszarze utrzymania ruchu, przez złączenie pracy inżynierów utrzymania ruchu (RCM) z pracą operatorów maszyn i urządzeń produkcyjnych (TPM).

Tymczasem zastosowanie połączenia koncepcji TPM oraz LM (Lean Manufacturing) daje możliwość osiągnięcia zakładanych rezultatów przy zmniejszonym zapotrzebowaniu na zasoby, takie jak: części zamienne, energia, narzędzia oraz praca ludzka. Kompleksowe wdrożenie Lean Manufacturing

¹ Jasiulewicz-Kaczmarek M., *Współczesne koncepcje utrzymania ruchu infrastruktury technologicznej przedsiębiorstwa*, [w:] *Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi*, Wydawca Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2005, s. 127-134.

redukuje marnotrawstwo i wpływ na środowisko o około 70%², co może mieć znaczący wpływ na wdrożenie koncepcji TPM w przedsiębiorstwie.

Podczas analizy współczesnych koncepcji utrzymania ruchu zauważalne jest różne spojrzenie na kwestię identyfikacji i rozwiązywania problemów oraz postrzeganie roli utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie w stosunku do minionych lat. Dzisiejsze podejście do utrzymania ruchu charakteryzuje się następująco:

- redukcja lub eliminacja uszkodzeń,
- podniesienie rangi bezpieczeństwa ludzi i ochrony środowiska naturalnego w ramach utrzymania ruchu,
- zmiana opinii, iż starsze maszyny i urządzenia produkcyjne częściej ulegają awariom,
- określanie częstości działania służb utrzymania ruchu, opierając się na symptomach uszkodzeń, a nie na ilości awarii,
- opracowywanie tylko dla identycznych maszyn wspólnych metod utrzymania ruchu,
- samodzielne opracowywanie programów utrzymania ruchu, uwzględniając zalecenia producenta,
- wspólne opracowywanie programów utrzymania ruchu przez służby utrzymania ruchu oraz operatorów,
- docenianie zaangażowania pracowników wszystkich szczebli w działania utrzymania ruchu jako kluczowy czynnik sukcesu,
- uznawanie utrzymania ruchu jako strategicznego obszaru przedsiębiorstwa.

Stan techniczny maszyn i urządzeń produkcyjnych w dużej mierze przekłada się na jakość produkowanych wyrobów. Im stan techniczny maszyn i urządzeń jest na wyższym poziomie, tym jakość wytwarzanych produktów jest wyższa.

2. Kompleksowe Utrzymanie Ruchu – TPM

Total Productive Maintenance (TPM) w dosłownym tłumaczeniu oznacza Kompleksowe Utrzymanie Ruchu. Pojęcie TPM najczęściej definiowane jest jako obsługa konserwacyjna maszyn i urządzeń produkcyjnych realizowana przez operatorów oraz załogę odpowiedzialną za utrzymanie ruchu wewnątrz całego przedsiębiorstwa.

Taki kompleksowy system utrzymania ruchu umożliwia optymalizowanie pracy urządzeń oraz instalacji. Bazuje na zmobilizowaniu całego przedsiębiorstwa do uzyskania maksymalnej wydajności maszyn i urządzeń w całym okresie ich eksploatacji, a także do obniżenia nakładów remontowych poprzez poprawie-

² Pleskot M., Lewandowski J., Wiśniewski Z., *TPM kompleksowe utrzymanie ruchu w przedsiębiorstwie*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015, s. 61.

nie osiągnięć. Taki efekt można jedynie uzyskać dzięki całkowitemu zaangażowaniu wszystkich działów przedsiębiorstwa.

Total Productive Maintenance scala wszystkie działania usprawniające, jakie podejmują różne działy przedsiębiorstwa. Podejmując się sformułowania definicji TPM, można określić, że jest to:

- całkowita koncentracja na wypracowaniu zysku – Totalny Profit,
- niepodważalny priorytet dokonywania przeglądów i konserwacji nad wykonywaniem planu produkcji – Totalna Prewencja,
- praca zespołowa na wszystkich szczeblach przedsiębiorstwa nad eliminacją problemów – Totalne Zaangażowanie.

Celem nadrzędnym TPM jest zaangażowanie wszystkich pracowników firmy w podejmowanie działań usprawniających funkcjonowanie parku maszynowego celem permanentnego doskonalenia efektywności pracy wszystkich maszyn i urządzeń produkcyjnych, czyli osiągnięcie stanu trzy razy ZERO:

- ZERO usterek maszyn;
- ZERO wad produkcji;
- ZERO wypadków przy pracy.

Dodatkowo Total Productive Maintenance dąży do realizacji poszczególnych celów³:

- obniżenia kosztów produkcji,
- zapewnienia zgodności jakości wykonania,
- zapewnienia wysokiej produktywności procesów produkcji,
- zapewnienia terminów dostaw materiałów i półwyrobów potrzebnych do produkcji,
- bezpieczeństwa pracy,
- ochrony środowiska,
- podnoszenia morale pracowników biorących udział w procesie produkcji.

Nadrzędnym zadaniem stawianym koncepcji TPM jest maksymalizacja dostępności, jakości oraz stopnia wykorzystania wytwarzanych wyrobów. Do analizy wymienionych wyżej trzech elementów dostosowany jest główny wskaźnik w koncepcji TPM, czyli Overall Equipment Effectiveness (OEE) tłumaczony jako Całkowita Efektywność Wyposażenia. Wskaźnik ten pozwala monitorować oraz doskonalić efektywność procesu produkcyjnego pod względem strat w eksploatacji parku maszynowego.

³ Brzeski J., Figas M., *Wprowadzenie do TPM. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych*, Trade Media International Sp. z o.o., nr 5, 2006, s. 26.

3. Wskaźnik Wykorzystania Wyposażenia (Overall Equipment Effectiness)

OEE (Overall Equipment Effectiveness), czyli Wskaźnik Wykorzystania Wyposażenia pozwala na mierzenie efektywności wykorzystywania maszyn poprzez mierzenie poszczególnych czynników. Jest niezwykle przydatnym narzędziem, jednakże wiąże się z pewnym ryzykiem, ponieważ uzyskany wynik jest na tyle wartościowy i miarodajny, na ile prawdziwe i wiarygodne były podstawione do jego obliczenia dane. Dlatego też należy szczegółowo zbierać wartości, szczególnie jeśli chodzi o czas, ponieważ to on jest tu główną przyczyną strat. Nie chodzi tu jednak o typowe awarie, duże przerwy czy niezapowiedziane przestoje. Kluczowym okazują się te krótkie chwile przezbrajania, małe opóźnienia dostaw, chwilowe zatrzymania, ponieważ są one praktycznie niezauważalne, a w rzeczywistości generują największe straty.

Wskaźnik OEE oblicza się z trzech składników: dostępności, jakości oraz wydajności. Wskaźnik OEE jest to iloczyn dostępności, jakości wytwarzanych wyrobów oraz wydajności wyrażony w procentach:

$$OEE = \text{dostępność} \times \text{jakość} \times \text{wydajność} \quad (1)$$

Dostępność pojawiająca się we wzorze jest to procentowy udział czasu, w jakim wykorzystuje się daną maszynę w procesie produkcji, a zatem jest to iloraz czasu rzeczywistego wykorzystania maszyny do planowanego czasu jej wykorzystania w procesie produkcji. Wszystkie awarie, niedobory materiałów do produkcji lub zmiany pracownicze mogą przyczyniać się do zatrzymania maszyny oraz zmniejszenia jej czasu dostępności w procesie. Do obliczenia dostępności należy precyzyjnie zmierzyć momenty włączania i wyłączania maszyny w określonym czasie produkcji.

Dostępność daje się wyliczyć według wzoru nr 2:

$$\begin{aligned} & \text{Dostępność} \\ &= \frac{\text{Czas eksploatacji} - \text{Nieplanowane przestoje}}{\text{Czas eksploatacji}} \quad (2)^4 \end{aligned}$$

⁴ <http://leanmanufacturing.pl/artykuly/lean-w-teorii/doskonalenie-procesu-produkcyjnego-przy-uzyciu-wskaznika-overall-equipment-effectiveness-oe.html>
dane z dnia 09.09.2016.

Jakość definiowana jest jako wyrażony w procentach udział czasu, w jakim maszyna produkuje wyroby o określonej jakości w okresie, w którym jest dostępna w procesie produkcji. Stratami jakościowymi są wszystkie produkty wymagające powtórnej obróbki na danej maszynie, materiały wsadowe nieobrobione przez maszynę, a także wszystkie wyroby gotowe, które nie spełniają założonych standardów jakościowych. W celu pomiaru jakości niezbędna jest rzetelna rejestracja ilości produkowanych braków, jednak mogą powstać wątpliwości, w przypadku kiedy braki zostaną naprawione i powstaje prawidłowy wyrób. Wtedy jakość stanowi liczba zgodnych z wymogami wykonanych za pierwszym razem wyrobów oraz liczba braków.

Jakość można wyliczyć ze wzoru (3):

$$\text{Jakość} = \frac{\text{Liczba wykonanych} - \text{Ilość wadliwa}}{\text{Liczba wykonanych}} \quad (3)$$

Wydajność jest to wielkość, która określa zdolność produkcyjną maszyny przy prędkości znamionowej przebiegu procesu produkcyjnego. Zdolności operatora maszyny, jakość materiałów wsadowych, stopniowe zużywanie się maszyny, okresowe wstrzymania pracy oraz konieczności korekty nastaw prowadzą do zmniejszenia wydajności. Często straty wydajności okazują się jedynym możliwym wyjaśnieniem dla niemierzalnych lub niedających się skategoryzować strat, przy czym one same są trudne do zmierzenia, biorąc pod uwagę częstość występowania oraz różnorodność czynników.

Wydajność można wyliczyć ze wzoru (4):

$$\text{Wydajność} = \frac{\text{Liczba wykonanych} - \text{Czas cyklu}}{\text{Czas eksploatacji} - \text{Nieplanowane przestoje}} \quad (4)^5$$

Można zauważyć, iż OEE nie tylko pozwala monitorować stopień wykorzystania maszyn, ale również pozwala określić, czy działania, które przedsiębiorstwo uważa za stratę są nią w rzeczywistości. Przykładowe powody strat oraz ich wpływ na wynik OEE przedstawia tabela 1.

⁵ <http://leanmanufacturing.pl/artykuly/lean-w-teorii/doskonalenie-procesu-produkcyjnego-przy-uzyciu-wskaznika-overall-equipment-effectiveness-oe.html> dane z dnia 09.09.2016.

Tabela 1. Przyczyny strat a wpływ na wynik OEE

Powód straty czasu	Uwagi	Wpływ na wynik OEE
Postój planowany	Przerwa śniadaniowe, brak zleceń, szkolenia	Postoje planowane nie powinny być traktowane jako strata, ponieważ są one ZAPLANOWANE, a tym samym uwzględnione w dostępności
Awarie	Wszelkie nieplanowane zatrzymywania maszyny na dłuższy czas z powodów technicznych	Ujemny wpływ na wskaźnik dostępności
Drobne postoje	Wszelkie nieplanowane zatrzymywania na krótki czas, jednak niewymagające ingerencji SUR	Drobne, mikropostoje wpływają ujemnie na wykorzystanie
Nieplanowane postoje	Na przykład z przyczyn logistycznych, takich jak opóźnienie w dostawie	W zależności od długości czasu trwania postoju może wpływać ujemnie na dostępność (długa przerwa) lub wykorzystanie (krótki postój)
Przezbijanie, ustawianie, regulacje, rozruch maszyny	W tym można zaliczać typowe przezbijanie, czyli zmiany wyposażenia maszyny, jak również przygotowanie do rozpoczęcia produkcji bądź drobne regulacje w trakcie, np. ustawienia temperatury	Może zaniżać dostępność, jeżeli przekroczono czas przydzielony na wykonanie przebrojenia, w innym przypadku zaniża czas operacyjny
Wadliwy produkt	Wyprodukowanie wadliwego wyrobu zabiera czas, ponadto potrzebny jest dodatkowy czas na produkcję dobrego produktu	Zaniża jakość
Utrata wydajności (prędkości)	Zarówno celowe spowolnienie maszyny, jak także spowodowane czynnikami zewnętrznymi, takimi jak np. temperatura oleju w silniku	Zaniża wykorzystanie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://www.neuron.com.pl/pliki/oe.pdf> (dane z dnia 09.09.2016).

4. Zastosowanie OEE we współczesnej koncepcji utrzymania ruchu TPM

Wskaźnik OEE ukazuje informację o procentowej wartości wykorzystania wyposażenia. Tabela 2 przedstawia przykłady typowych ograniczeń w produkcji.

Tabela 2. Miary OEE i przyczyny ich zmniejszania

Składnik OEE	Miara	Ograniczenia w produkcji
Dostępność	Przestoju	<p>Dostępność jest zmniejszana przez zdarzenia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zmiana obsługi, • przerwy/posiłki, • przeglądy urządzeń, • spotkania, szkolenia, • włączanie/wyłączani, • przezbijanie/mycie, • dodatkowe problemy (braki zasilania, awaria systemów pomocniczych), • zmiana produkcji.
Wydajność	Prędkości	<p>Wydajność jest zmniejszana przez:</p> <ul style="list-style-type: none"> • czas pracy systemu niższy niż założony dla określonej linii/maszyny/komórki produkcyjnej; • krótkie zatrzymania elementu, niewymagające interwencji służb utrzymania ruchu.
Jakość	Wad	<p>Jakość jest zmniejszana przez ilość odrzutów czy niedoróbek.</p>

Źródło: Biuletyn Automatyki „ASTOR”, nr 37 (3/2003), s. 5-9.

Dostępność, jakość i wydajność są to miary mające wpływ na Całkowity Czas Produkcji. W celu dokonania oceny poszczególnych współczynników trzeba ustosunkować się do Planowanego Czasu Produkcji, który jest częścią Całkowitego Czasu Produkcji (rys. 1). Zastosowanie wskaźnika OEE pozwala podjąć działania niezbędne w celu redukcji czasu przeznaczonego na pomocnicze czynności produkcyjne.

Całkowity Czas Produkcji			
Planowany Czas Produkcji			Planowane przerwy
Czas operacyjny		Dostępność	
Dodatkowy Czas Operacyjny	Wydajność		
Czas Wydajnej Produkcji	Jakość		

Rys. 1. Udział Czasu Wydajnej Produkcji w Czasie Całkowitej Produkcji

Źródło: Biuletyn Automatyki „ASTOR”, nr 37 (3/2003), s. 5-9.

Aby wykonać obliczenia wskaźnika OEE, należy poddać ocenie następujące elementy:

- Linia produkcyjna (line) – wybierana jest maszyna lub linia produkcyjna, na której przeprowadzona zostanie kalkulacja,
- Czasowy zakres dla obliczeń OEE (OEE Calculation Time Period) – dokonywany jest wybór przedziału czasowego, będącego odpowiednikiem pełnego cyklu linii produkcyjnej, uwzględniając główne przyczyny postojów, zwłaszcza tych cyklicznych,
- Czas niezaplanowany (Time Not Scheduled) – określany jest przedział czasu, który jest wykorzystywany na czynności, które nie należą bezpośrednio do cyklu produkcyjnego,
- Założone tempo produkcji ZTP (Theoretical Rate) – wynika z możliwości produkcyjnych pojedynczych elementów linii produkcyjnej, określonych przez producenta,
- Produkt dobrej jakości PDJ (Good Produkt Produced) – określa ilość wyrobów gotowych, które pozytywnie przeszły kontrolę jakości zgodnie z zaplanowanym czasem produkcji.

Wskaźnik OEE należy obliczyć dla każdej maszyny biorącej udział w procesie produkcji. Aby właściwie ocenić efektywność maszyn, konieczna jest analiza danych w dłuższym przedziale czasowym, a następnie przyjęcie średniej wartości.

Za pomocą wartości wskaźnika OEE można ocenić efektywność wykorzystania maszyn i urządzeń, a także cały proces produkcyjny, w szczególności: jakość wytwarzanych wyrobów gotowych, warunki i metody stosowane w konserwacji maszyn i urządzeń, jak również obciążenie maszyn wynikające z dotychczasowego planu produkcji.

W przedstawionym przykładzie wartości współczynnika OEE obliczono dla zlecenia X, które było realizowane w przedsiębiorstwie produkcyjnym od 4 lipca 2016 do 22 lipca 2016 r. Produkcja odbywała się w systemie dwuzmianowym, dlatego też przyjęto, iż maszyny dziennie pracowały po 16 godzin (960 min). Arkusz obliczeniowy OEE (tabela 3) przedstawia dokładną analizę czasów potrzebnych do obliczenia wskaźnika dla Maszyny 1, natomiast zestawienie wskaźników dla pozostałych maszyn biorących udział w realizacji danego zlecenia zostało przedstawione w tabeli 4.

Tabela 3. Arkusz obliczeniowy wartości OEE dla Maszyny 1

ARKUSZ OBLICZENIOWY OEE DLA MASZYN Y 1		
Wykonał: Jan Kowalski		Zatwierdził: Kazimierz Nowak
Data: 12.07.2016 r.		Data: 12.07.2016 r.
DOSTĘPNOŚĆ		
A. Zmianowy fundusz czasu pracy		960 min
B. Planowany czas postoju maszyny		70 min
C. Czas pracy	A-B	890 min
D. Nieplanowany postój maszyny		25 min
E. Czas eksploatacji netto	C-D	865 min
F. Współczynnik dostępności	E/C x 100	97,2%
WYKORZYSTANIE		
G. Liczba przetworzonych wyrobów		1450 jedn.
H. Projektowany czas jednostkowy obróbki wyrobu		0,5 min/jedn.
I. Współczynnik wykorzystania	[HxG/E] x 100	83,8%
JAKOŚĆ		
J. Liczba braków		67
K. Współczynnik jakości	[(G-J)/G] x 100	95,4%
OEE		
L. Całkowita efektywność wyposażenia	F x I x K x 100	77,7%

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Całkowita efektywność wyposażenia dla zlecenia X

	Wskaźnik OEE [%]															
	2016-07-04	2016-07-05	2016-07-06	2016-07-07	2016-07-08	2016-07-11	2016-07-12	2016-07-13	2016-07-14	2016-07-15	2016-07-18	2016-07-19	2016-07-20	2016-07-21	2016-07-22	Średnia
Maszyna 1	85	87	76	81	83	71	78	80	81	83	81	84	78	88	85	81
Maszyna 2	62	68	75	76	76	75	77	80	78	77	65	70	72	69	73	73
Maszyna 3	92	93	87	82	80	91	86	80	84	92	87	87	80	90	83	86
Maszyna 4	96	92	94	93	94	95	95	96	85	92	92	93	95	94	96	93
Maszyna 5	77	76	77	70	76	69	76	71	65	70	72	74	72	78	75	73
Maszyna 6	65	69	75	51	75	62	56	63	72	69	68	69	69	76	63	67
Maszyna 7	48	51	50	53	57	55	59	53	49	51	52	58	60	57	58	54
Maszyna 8	56	60	74	63	68	71	63	66	62	63	66	71	68	65	63	65
Maszyna 9	73	74	75	68	73	75	78	77	74	69	74	74	73	76	61	73
Maszyna 10	75	75	74	76	73	67	71	72	72	73	71	75	69	71	74	73
Maszyna 11	68	65	67	66	70	71	69	68	70	72	72	70	69	68	69	69
Maszyna 12	92	95	93	97	95	94	94	95	96	93	97	95	96	94	96	95
Maszyna 13	82	85	81	68	77	82	80	83	81	82	79	81	80	77	84	80
Maszyna 14	95	97	94	95	95	93	96	97	99	96	95	94	96	97	95	96
Maszyna 15	97	98	97	96	98	99	98	97	95	96	98	97	98	96	95	97
Maszyna 16	68	69	72	55	61	65	62	68	66	67	68	65	64	68	63	65
Maszyna 17	55	59	63	65	59	62	65	60	61	60	62	67	68	67	66	63

Źródło: opracowanie własne.

W praktyce przyjęto, że wartość wskaźnika OEE na poziomie powyżej 85% jest wynikiem bardzo dobrym. W przedstawionym powyżej przykładzie tylko 5 maszyn osiągnęło taki wynik. Pozostałe maszyny osiągnęły wynik pomiędzy 81% a 63%. Oznacza to, że maszyny przepracowały efektywnie od 63% do 81% czasu, który mogłyby przepracować w sytuacji, gdyby nie wystąpiły awarie, przezbrojenia wykonywane były w planowanym czasie, a maszyny pracowały idealnie, czyli bez braków oraz strat wydajności.

5. Podsumowanie

Drogą do sprawnego i efektywnego korzystania ze wskaźnika OEE, w celu poprawy osiągnięć produkcyjnych, jest przeprowadzanie pomiarów oraz identyfikacja wszystkich typów strat występujących w procesie produkcji. Wdrożenie wskaźnika OEE przyczynia się do poprawy efektywności wykorzystania maszyn. Pomimo iż wskaźnik odnosi się do maszyn, wskazuje także problemy związane z organizacją pracy ludzi i całego procesu oraz gospodarką materiałową. We wdrażaniach wskaźnika OEE powinna brać udział kadra kierownika oraz operatorzy maszyn.

OEE mierzy starty powstające z nieplanowanych przestojów maszyn, niepełniających wymogów jakości produkowanych wyrobów oraz z wydłużonych czasów cyklu pracy maszyn i urządzeń. Zastosowanie wskaźnika OEE może przynieść następujące korzyści: poprawę wydajności maszyn i urządzeń, poprawę jakości wytwarzanych produktów, zwiększenie dostępności maszyn i urządzeń, stałą kontrolę nad maszynami i urządzeniami, uniknięcie zbędnych zakupów maszyn i urządzeń, zwiększenie zaangażowania wszystkich pracowników w opiekę nad maszynami i urządzeniami produkcyjnymi oraz współzawodnictwo między pracownikami odpowiedzialnymi za maszyny o lepszy wynik wskaźnika OEE.

Literatura

- [1] **Ahuja I.P.S., Khamba J.S.:** *Total productive maintenance: literature review and directions*, Journal Quality & Reliability Management, Vol. 25, Issue 7, 2008.
- [2] **Andrzejczak M.:** *Efektywne wykorzystania wskaźnika OEE*, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 5, 2008.
- [3] **Andrzejczak M.:** *Problemy efektywności utrzymania ruchu*, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 1, 2006.
- [4] **Arai K., Sekine K.:** *TPM for the Lean Factory. Innovative methods and worksheets for equipment management*, Productivity Press, Portland Oregon 1998.
- [5] **Bamber C.J., Castka P., Sharp J.M.:** *Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE)*, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2003.
- [6] **Bartochowska D., Ferenc R.:** *Utrzymanie ruchu w niewielkich firmach*, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2014.
- [7] **Borkowski S., Ulewicz R.:** *Zarządzanie produkcją*, Hummanitas, Sosnowiec 2009.
- [8] **Brilman J.:** *Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania*, PWE, Warszawa 2002.
- [9] **Brzeski J., Figas M.:** *Wprowadzenie do TPM*, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 5, 2006.
- [10] **Brzeski J., Figas M.:** *Focused Maintenance*, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 5, 2006.

- [11] **Brzeski J., Figas M.:** *Wdrożenie TPM – TPM Series*, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 1, 2007.
- [12] **Brzeziński M.:** *Organizacja i sterowania produkcją*, Placet, Warszawa 2002.
- [13] **Czerska J.:** *Pozwól płynąć swojemu produktowi. Tworzenie ciągłego przepływu*, Placet, Warszawa 2011.
- [14] **Furman J.:** *Wdrażanie wybranych narzędzi koncepcji Lean Manufacturing w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Tom 1, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014, s. 248.
- [15] **Gola A.:** *UR pod lupą*, Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 5, 2008.
- [16] **Jasiulkiewicz-Kaczmarek M.:** *Sustainability: Orientation in Maintenance Management – Theoretical Background*, [w:] *Eco-Production and Logistics. Emerging Trends and Business Practices*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [17] **Jasiulkiewicz-Kaczmarek M., Drożyner P.:** *Maintenance Management Initiatives Towards Achieving Sustainable Development*, [w:] *Information technologies in Enviromental Engineering Enviromental Science and Engineering*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [18] **Jasiulkiewicz-Kaczmarek M.:** *Współczesne koncepcje utrzymania ruchu infrastruktury technologicznej przedsiębiorstwa*, [w:] *Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi*, Wydawca Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej, Poznań 2005.
- [19] **Kaczmarek J.:** *Efektywność eksploatacji i reprodukcji majątku trwałego*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, nr 83, Kraków 2010.
- [20] **Kosieradzka A.:** *Zarządzanie produktywnością w przedsiębiorstwie*, C.H. Beck, Warszawa 2012.
- [21] **Kubik S.:** *TPM dla każdego operatora*, ProdPress, Wrocław 2012.
- [22] **Lewandowski J.:** *Procesy decyzyjne w niezawodności i eksploatacji obiektów technicznych o ciągłym procesie technologicznym*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2008.
- [23] **Loska A.:** *Przegląd modeli ocen eksploatacyjnych systemów technicznych*, Konferencja Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, t. 2. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Zakopane 2011.
- [24] **Loska A.:** *Exploitation assessment of selected technical objects using taxonomic methods*, „*Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*”, Vol. 15, Issue 1, 2013.
- [25] **Mazur G., Obrzud J.:** *Total Productive Maintenance jako metoda doskonalenia procesu produkcyjnego*, [w:] *Zarządzanie produkcją – planowanie, wytwarzanie, optymalizacja i kontrola*, Wyd. Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko-Biała 2010.
- [26] **Mączyński W.:** *Niezawodność środków trwałych. Nie taki diabeł straszny jak go malują*, Agro Przemysł, nr 1, 2014, s. 16.
- [27] **Mikler J.:** *efektywne zarządzanie procesem utrzymania ruchu. Przegląd metod*, Inżynieria & Utrzymywanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, nr 10, 2008.

- [28] **Nakajima S.:** *Introduction to TPM. Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Portland 1988.
- [29] **Niziński S.:** *Eksploracja obiektów technicznych*, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom, 2002.
- [30] **Piersiala S., Trzcieliński S.:** *Koncepcje utrzymania ruchu, w: Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi*, Wydawca Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2005.
- [31] **Pleskot M., Lewandowski J., Wiśniewski Z.:** *TPM kompleksowe utrzymanie ruchu w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015.
- [32] **Robinson C.J., Ginder A.P.:** *Implementing TPM: The North American Experience*, Productivity Press, Portland, 1995.
- [33] **Suzuki T.:** *TPM in Process Industries*, Productivity Press, Portland, 1994.
- [34] **Walczak M.:** *Zarządzanie systemem utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie na przykładzie total productive maintenance*, Acta Universitatis Lodzensis. Folia Oeconomica, Vol. 265, 2012.
- [35] **Wiegand B., Langmack R., Baumgarten T.:** *Lean Maintenance System. Zero Maintenance Time. Full Added Value*, Lean Management Institute, 2007.
- [36] **Wielgoszewski P.:** *TPM – Total Productive Maintenance – czyli jak zredukować do zera liczbę wypadków, awarii i braków*, Zarządzanie Jakością, Kraków 2007.
- [37] **Ziębicki B.:** *Metodyka oceny efektywności organizacyjnej*, [w:] *Historia i perspektywy nauk o zarządzaniu*, Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012.

THE USE OF OEE IN THE CONCEPT OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Summary

In the face of growing customer demands and competition for global companies must continually seek production reserves, increase efficiency and productivity, and reduce manufacturing costs. Therefore arises the need to continuously monitor the efficiency of the machinery which gives the ability to identify waste and associated reserves production realized in the company processes. Ideal stan is to achieve 100% exploitation of the machinery of production of the defect free performance corresponding to the rated capacity of machines and production equipment. Evaluation of the effectiveness of the machinery allows the indicator of the overall equipment effectiveness OEE. Although the indicator refers to machinery also it indicates problems with the organization of working people and the whole process and materials management. The aim of this article is to present the practical application of the indicator of overall equipment effectiveness in Total Productive Maintenance.